

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-141572

(43)Date of publication of application : 15.05.1992

(51)Int.Cl.

C23C 8/32

C23C 8/24

F16C 33/12

(21)Application number : 02-262268

(71)Applicant : NTN CORP

(22)Date of filing : 28.09.1990

(72)Inventor : MAEDA KIKUO
NAKAJIMA HIROKAZU
UEDA AKIFUMI
OKUGAMI KOUICHI

(54) MACHINE STRUCTURAL PARTS MADE OF NONMAGNETIC MN-CR STEEL

(57)Abstract:

PURPOSE: To produce nonmagnetic machine structural parts each having a desired hardened surface layer by forming a nitrogen enriched layer in the surface of austenitic Mn-Cr steel by nitriding, then carbonitriding.

CONSTITUTION: Austenitic Mn-Cr steel contg. about 10-20% Mn, about 3-20% Cr and about 0-5% Ni is worked into machine structural parts each having a margin for final precision finishing. The steel is then subjected to nitriding as heat treatment and held under heating at about 700-900° C for about 6-12hr in a carbonitriding atmosphere to form a hardened surface layer having ≥ 55 Rockwell C hardness in ≥ 2 mm thickness. Machine structural parts made of nonmagnetic Mn-Cr steel and usable in a strong magnetic field are obtd.

⑫ 公開特許公報(A) 平4-141572

⑮ Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)5月15日

C 23 C 8/32

8116-4K

8/24

8116-4K

F 16 C 33/12

A

6814-3J

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全7頁)

⑭ 発明の名称 Mn-Cr系非磁性鋼の機械構造部品

⑯ 特 願 平2-262268

⑰ 出 願 平2(1990)9月28日

⑱ 発 明 者 前 田 喜 久 男 三重県員弁郡大安町平塚974
 ⑱ 発 明 者 中 島 碩 一 岐阜県海津郡平田町三郷313
 ⑱ 発 明 者 上 田 昌 文 三重県桑名市大字播磨2523-1
 ⑱ 発 明 者 奥 上 浩 一 三重県員弁郡東員町城山2丁目7番の16
 ⑲ 出 願 人 エヌティエヌ株式会社 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号
 ⑳ 代 理 人 弁理士 松野 英彦

明 細 書

1. 発明の名称

Mn-Cr系非磁性鋼の機械構造部品

2. 特許請求の範囲

1. Mn-Cr系オーステナイト鋼に、予め窒素処理をし、その後に浸炭窒素処理をして形成された窒素富化層による表面硬化層を有する非磁性機械構造部品。

2. ロックウェルC硬度55以上の硬さを有する当該表面硬化層の厚みが、浸炭窒素処理後に於いて、0.2mm以上である請求項1記載の非磁性機械構造部品。

3. Mn-Cr系オーステナイト鋼に、予め窒素処理をし、その後に浸炭窒素処理をして、窒素富化層を形成させることにより、所望の表面硬化層を得る非磁性機械構造部品の製造方法。

4. 窒素処理をし、引抜き、昇温して浸炭窒素処理をする請求項2もしくは3記載の非磁性機械構造部品の製造方法。

2. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、Mn-Cr系オーステナイト非磁性鋼によって製作され、浸炭窒素法などの熱処理により表面硬化された非磁性軸受体その他の非磁性機械構造部品とその製造方法に関する。

(従来の技術)

近年、磁気浮上モーターや核融合炉の開発が進められ、強磁場を発生させる超伝導技術が実用化の段階に至るに伴い、軸受の技術分野においても、強磁場で使用可能な軸受の開発が要求されている。例えば、上記の磁気浮上モーターは、車体下部の超電導磁石と地上部のコイルとの間の磁気的反発力と推進力とによって、車体を浮上させて、進行するのであるが、始動時又は減速時には、浮力が不足するので、車輪をもって車体を支持し、走行に供するのである。車輪の車軸を軸受する軸受は、車軸の回転に伴い、超電導磁石からの強い磁界を切って、回転するため、炭素鋼や合金鋼などの強磁性体によって製作されている場合、

軸受の転動体のみならず、軌道輪も表面近傍に誘導電流を発生し、この誘導電流の磁気相互作用により、回転を妨げる反対トルクを生じ、又、渦電流損失による軸受体の温度上昇を伴って、軸受体は、焼き付きを生じ、使用不能となる事態も予想される。

強磁場で使用される軸受体の渦電流の発生を防止する技術には、従来から、軸受体自体を常磁性体で構成する方法が知られており、軸受に適用可能な非磁性材料としては、窒化珪素系などのセラミック材料が開発されている。また、関連分野では、非磁性パネ材について、高マンガン高クロム非磁性鋼の表面に窒化処理を施して、高い表面機械的強度を得る方法（特開昭62-278258）も、知られている。

（発明が解決しようとする課題）

軸受体を常磁性体で構成する方法は、常磁性体には、軸受用としての機械的強度と特に表面硬度が要求されるが、この要件を満たすセラミック材料を利用するとすれば、軸受用として強度は十分

つて表面から0.1mm程度削除されるので、熱処理後の硬化層厚みとしては、0.2mm程度は必要である。従って、高マンガン高クロム系非磁性鋼を単に、窒化処理したのでは、軸受体に所望される表面硬度は得られない。

本発明は、上記問題に対処すべくなされたものであって、軸受体の要求する強度を有する非磁性鋼を軸受体に使用して、これに表面硬度を付与する方法を明らかにして、強磁場中での使用可能な非磁性軸受体を提供し、また強磁場中で使用される他の非磁性機械構造部品をも提供しようとするものである。

（課題を解決するための手段）

本発明の非磁性機械構造部品は、Mn-Cr系オーステナイト非磁性鋼によって製作され、当該オーステナイト鋼に予め窒化処理をして、その後浸炭窒化処理をして形成された窒素富化層による表面硬化層を有する非磁性機械構造部品であり、特に、ロックウェルC硬度55以上の硬さを有する当該表面硬化層の厚みが、浸炭窒化処理後に

に有するけれど、硬度が高すぎるため、研磨加工が著しく困難であり、軸受自体が高価になるという欠点がある。

鉄鋼材料の中では、常温でオーステナイト相を有するオーステナイト鋼は、非磁性を示し、一般に強度も高いことから、軸受素材に利用できそうであるが、軸受体に要求される表面硬度を得る方法は実用化されていない。上述の高マンガン高クロム非磁性鋼の窒化処理は、冷間加工後に、500℃の温度下のアンモニア雰囲気中で、高温保持をすることによって、当該鋼の表面に窒化層を形成し、窒化物による表面硬化を実現したものであって、非磁性パネ材の耐摩耗性や高応力化での疲労強度を改善した。しかしながら、硬化は極く表面に限られ、その窒化層の厚みは0.05mm以下であって、窒化層内部の母材は、硬度が尚低く、軟質であるから、軸受体には使用できない。

軸受体は、表面硬度として、ロックウェルC硬さ55、好ましくは、60以上が要求され、窒化処理などの熱処理の後には、表面の精密研磨によ

いて、0.2mm以上であることを特徴とするものである。

本発明は、上記非磁性機械構造部品の製造方法に関して、Mn-Cr系オーステナイト非磁性鋼に予め窒化処理をし、その後、浸炭窒化処理をして、窒素富化層を形成せしめることにより、所望の表面硬化層を得ることを特徴とするものである。

以下に、本発明の構成を説明する。

Mn-Cr系オーステナイト鋼には、10～20%Mn、3～20%Crを含有する鋼が使用される。また、オーステナイト相の安定化のためNiが0～5%の範囲で添加される。同様の目的でNが0.25%まで添加されることがある。この鋼は、あらかじめ鍛造と機械加工により成型品の粗仕上げ段階まで、最終の精密仕上げの削り代を残して、機械構造部品に加工される。

当該Mn-Cr系オーステナイト鋼は、第1段階の熱処理として、窒化処理がされる。この窒化法は、普通鋼や低合金鋼を対象にされる軟窒化法

あるいは、窒化用鋼を対象とするガス窒化法と同様の方法を採用することができる。軟窒化法を利用する場合は、カリウムもしくはナトリウムのシアン化塩とシアン酸塩と炭酸塩の混合浴中に浸漬して、550～600℃の温度範囲で、1～2 hr保持して後、空冷する。又は、アンモニア性分解ガス中で、500～600℃の比較的低温で1～2 hrの短時間もしくは50 hr以内の長時間の加熱保持をして実施される。

第2段階の熱処理として、浸炭窒化性雰囲気中で浸炭窒化処理がされる。この方法は、普通鋼等の浸炭窒化法と概ね同じで良いが、一酸化炭素を含む炭化水素とアンモニアとの混合ガス中で、700～900℃の比較的高温に加熱保持されて後冷却される。この浸炭窒化処理の加熱時間は、表面からロックウェルC硬度55以上の硬さを有する当該表面硬化層の厚みが2mm以上になるようにするためには、6～12 hrを必要とする。

また、窒化処理と浸炭窒化処理とは、連続工程で行うことができる。この場合は、窒化性雰囲気

又は浸炭窒化性雰囲気の中で、500～600℃の温度に保持して後、700～900℃に昇温して、この温度範囲に長時間保持して後常温に冷却する。

本発明の非磁性機械構造部品には、軸受体の転動体と軌道輪があり、また歯車、カムなど、上記表面処理により、相当表面硬化層を有する非磁性部品が含まれる。

(実施例)

以下に、本発明の実施例を説明する。

供試材は、C 0.60%、Si 0.95%、P 0.02%、S 0.005%、Mn 12.5%、Ni 2.4%、Cr 10.2%、V 2.2%の組成を有し、熱間鍛造により直径12mm、長さ12mmの円筒の形状に加工し、この供試材を電気炉内で1150℃に1 hr加熱した後、水冷して、溶体化処理を行った。

次いで、当該供試材をKCN-NaCN-炭酸塩系熔融塩窒化炉中で、580℃で、1 hrの浸漬加熱をおこない、水中冷却した。

窒化処理後の供試材は、ロータリーレトルト炉レトルト中に装入して、浸炭性ガス(CO 20～25%、H₂ 30～50%、N₂ 28～45%、CO₂ 1%、H₂O 1%)にプロパン0.42%、アンモニア7.5%を混合して混合ガス12N^mで供給し続け、840℃で6 hrないし12 hr加熱保持して後、加熱炉から、レトルトを引き出して、冷却して、試片Jを得た。その後は、焼入れ焼戻しをすることなく、切断面の顕微鏡組織観察とマイクロヴィッカース硬度試験に供すると共に、また、表面研磨を行って、軸受の転がり寿命試験に供した。

比較例として、上記の溶体化処理をした供試材を使用して、次の熱処理をも行ない、実施例と同様の試験を行った。

(1) ; 700℃、4 hrの加熱による時効硬化処理をした(試片A)。

(2) ; 実施例の窒化処理と同一条件の下で、窒化処理のみを行った(試片B)。

(3) ; 実施例の浸炭窒化処理と同一条件の下で、

浸炭窒化処理のみを行った(試片C)。

(4) ; 浸炭用ピット炉に装入して、浸炭処理のみを行った(試片D)。浸炭条件は、940℃、225min(カーボンポテンシャル1.25)の浸炭後、940℃、135min(同1.15)の拡散処理し、焼入れのため850℃、135min(同0.7)の加熱保持して、120℃油中急冷するものであった。但し、カーボンポテンシャルの数値は、炭素鋼に対するもので、単にCO/CO₂組成を間接的に表示しているにすぎない。

(5) ; 実施例の窒化処理と同一条件の下で、窒化処理を行った後、840℃で6 hrの真空中加熱又は大気中加熱を行った(試片K)。

(6) ; 実施例の窒化処理と同一条件の下で、窒化処理を行った後、比較例(4)の浸炭処理と同一条件の下で、浸炭処理を行った(試片L)。

(7) ; 実施例の浸炭窒化処理と同一条件の下で、先に浸炭窒化処理を行ない、その後に実施例の窒化処理と同一条件の下で、窒化処理を行った(試片M)。

(8) ; 実施例の浸炭窒化処理と同一条件の下で、浸炭窒化処理を行った後、比較例(4)の浸炭処理と同一条件の下で、浸炭処理を行った(試片N)。

本実施例の窒化-浸炭窒化の処理試片(J)についての表面近傍の顕微鏡組織写真とヴィッカース硬度曲線を第1図に示すが、同図a)の顕微鏡組織は、浸炭窒化処理時間6hrの場合であって、極く表面に近い部分で、析出層が見られ、この析出層から内部に向かって、拡散層が認められ、析出層と拡散層とは、窒素富化層を構成している。同図b)に示した硬度曲線から、浸炭窒化処理時間6hrの場合(図中の記号●)は、表面から0.05~0.1mmの位置で、ヴィッカース硬度Hv700であり、更に内部では0.2mmの位置でHv約500に低下し、内部に至る程硬度は低下する。この硬度の低下する範囲は、概ね上記の拡散層と対応している。また、浸炭窒化処理時間12hrの場合(図中の記号○)は、表面から0.1mmの位置で、ヴィッカース硬度Hv750の最高値を示し、これはロックウェルC硬度Hrc60以上に

当り、また0.3mmの位置でHv約500に低下している。転がり軸受体として実用上重要な硬さの下限は、ロックウェルC硬度Hrc55、ヴィッカース硬度Hvで600を必要とするから、表面から研削代0.1mmを削除した転動部表面の硬度は、Hrc60以上で、その表面から0.2mmの範囲の硬化層では、軸受に要求される相当硬度を確保することができる。

次に、比較例を検討するに、比較例(1)の時効硬化処理のみを実施しても、第2図b)の試片Aの硬度曲線に示すように、表面層の硬度は、内芯部の硬度Hv330と変わりなく、軸受体としては軟質であって、利用できない。

比較例(2)は、窒化処理のみ行ったものであるが、第3図b)の試片Bの硬化曲線が示すように、表面から0.05mmの位置での硬度がHv500程度まで上昇するが、0.1mm以上の内芯部では、硬度はHv400以下である。この硬化曲線と、同図a)の試片表層部の顕微鏡組織を対応させると、表面硬化層が、表面の窒化層もしくは拡

散層と概ね一致しており、短時間の窒化処理のみでは、十分な拡散層は得られず、硬化層は薄い。なお、窒化処理時間を10hrと長くした場合も実施したが効果はみられなかった。即ち溶体化処理後窒化処理のみ実施しても、軸受体の表面硬度は得られず、研削代を削除すればもはや軟質材料にすぎない。

比較例(5)は、窒化処理後に大気中と真空中で高温加熱保持したものであるが、第5図b)に示すように、高温保持により表面の極く近傍の硬度は減じ、より内芯部に緩やかな硬度勾配となる。但し、同図a)に示すように、表面部には、0.05mm以下の薄い拡散層が残存している。

比較例(6)の窒化処理後に浸炭処理をした場合は、第6図a)、b)に示すように、浸炭処理の効果は認められず、窒化処理のみ実施した場合よりも軟化する。

次に、比較例(3)の浸炭窒化処理のみ行った場合は、第4図(図中の記号○)に示すように、表面硬化は全く生ずることはなく、また、比較例

(4)の浸炭処理のみ行った場合は、同図(図中の記号●)に示すように、内芯部よりも表層部が軟化する挙動を示し、何れも単独の熱処理は効果がないことがわかる。また、比較例(7)の浸炭窒化処理を行った後に窒化処理を行った場合(第7図b)中記号●)、及び比較例(8)の浸炭窒化処理を行った後に浸炭処理を行った場合(第7図b)中記号○)は、ともに表面硬化を生ぜず、顕微鏡組織を見ても、表層部と内芯部はほぼ均一な組織を示す。

以上述べた如く、本発明のMn-Crオーステナイト鋼の窒化後浸炭窒化処理を行うことにより、研削代削除後の表面硬度と相当深さの硬化層を得ることが可能となるのであって、窒化、浸炭窒化もしくは浸炭の各処理を単独で、又は本発明の処理方法とは異なる組合せをしても十分な表面硬化は得られないのである。

次に、表1に、本発明の熱処理後の試片Jの初透磁率 μ の測定結果を示す。比較例として、時効処理のみ行った試片Aと、代表的な軸受用マルテ

ンサイト鋼の測定結果も併記した。

表1 透磁率

熱処理法	時効硬化	窒化-浸炭窒化	マルテンサイト鋼
	試片A	試片J	焼入焼戻
透磁率 μ	1.08	1.08	71.2

このように、Mn-Cr系オーステナイト鋼は、本発明の窒化-浸炭窒化処理を行っても、透磁率は低く、非磁性鋼として扱うことができる。

表2には、窒化-浸炭窒化処理を行った当該オーステナイト鋼を研削して、転動試験片とし、軸受鋼製の径20mmのころを相手にして、負荷速度20400rpm(回転速度10200rpm)で転動する転がり寿命試験の結果を示す。

(以下余白)

ので、硬化層も著しく薄く、表面の精密研磨を行って、機械構造部品に提供される用途には、この窒化法単独では、実用的ではない。

しかしながら、窒化処理の代りに、浸炭窒化処理や浸炭処理行っても、何ら表面部には窒化層或いは他の化合物層を形成することはできず、表面硬化は生じないが、低温である程、表面窒化物の形成に有利であり、浸炭窒化性ガスに窒化能があったとしても、浸炭窒化処理の高温度では、表面に窒化物は形成され難いのである。この傾向は、炭素鋼における浸炭窒化性ガスの表面層における炭素-窒素の浸透に及ぼす温度の影響と近似している。

第1段階の窒化処理の後、第2段階の熱処理である浸炭窒化によって、相当厚みをもって、当該硬化層表面近傍の化合物層と、その内部にいたる拡散層から成る窒素富化層によって硬化層が形成される。この第2段階の熱処理で、浸炭窒化処理に代えて、真空中もしくは大気中での高温保持や高温での浸炭処理では表層部の化合物層は極めて

表2 寿命試験

荷重 kN	面圧 MPa	寿命 $\times 10^4$	
4.90	3000	L_{10}	>26300
		L_{50}	>26300
6.86	3300	L_{10}	>18900
		L_{50}	>23800
8.82	3570	L_{10}	2020
		L_{50}	6770

L_{10} ; ロットの10%が破損する寿命(ロット数5)

L_{50} ; ロットの50%が破損する寿命(ロット数5)

表2から転がり寿命は、車両用の中程度の荷重で使用される軸受として十分に実用になる数値をしめしている。

(作用)

本発明に適用される材料は、Mn-Cr系のオーステナイト鋼であり、非磁性を示す。このMn-Cr系のオーステナイト鋼の表面部を硬化するには、1段階の工程に、窒化処理を行って後、第2段階の工程として、浸炭窒化処理がなされる。

第1段階の熱処理である窒化処理によって、当該鋼の表面から極薄い窒化層が形成され、表面は硬くなる。しかし、この層は、50 μ m以下である

薄く存在するか、もしくは消滅して、ほとんど表面硬化に寄与しないが、これは、気相側から窒素が供給されることなく、表面部の濃縮した窒素が内芯部に拡散して、希釈されるからである。これに対して第2段階の浸炭窒化処理により、気相側からの窒素の補給と、内芯部への窒素の拡散とによって、化合物層成長と拡散層の緩やかな濃度勾配が生ずるのである。この場合、前述のように窒化処理をすることなく浸炭窒化処理のみを実施しても、表面部組織になんら変化を生じないことを考慮すれば、浸炭窒化処理の際には、表面部には窒化物層が存在して、この窒化物層を介して、気相側から内芯部への窒素の移動を容易にするものと考えられる。

高Mn高Cr含有鋼である当該オーステナイト鋼は、窒化物生成元素MnとCrを多量に含有し、特に、Cr窒化物は、鋼を硬化し、窒化-浸炭窒化の2重処理によって、表面から浸透拡散した窒素は、Cr窒化物として固定されて、表面の近傍に窒化物層を形成して、硬化層となり、表面を著

しく硬化する。当該オーステナイト鋼にVを含有するとき、当該窒化物層に生成したV窒化物は、一層硬化に寄与する。

本発明の適用鋼種がV含有Mn-Cr系オーステナイト鋼であるときは、溶体化処理を実施した後、窒化-浸炭窒化処理により、内芯部は、時効硬化により強化され、前述の表層部のVによる硬化の効果とともに、表面硬化層を有する強靱な機械構造部材が形成される。

また、表面硬化の原因となる窒化物は、非磁性であるから、本発明の熱処理方法によって製作された軸受体その他の構造部材は、非磁性となる。

(発明の効果)

本発明の非磁性構造部品の製造方法を実施すれば次のような効果を奏する。

1. Mn-Cr系オーステナイト鋼は、窒化-浸炭窒化の熱処理がなされて、当該鋼の表層部には、硬化した化合物層と拡散層が形成され、拡散層においても転がり軸受体に要求されるロックウェルC硬度55以上となる相当厚みが得られ、精

密加工のための削り代を削除した後においても、転がり軸受体にとり十分な表面硬度が得られる。硬化層の厚みは、浸炭窒化処理時間によって調整することができる。

2. Mn-Cr系オーステナイト鋼は非磁性鋼であり、窒化-浸炭窒化処理により形成される窒化物層も非磁性であるから、表面硬化層を有する非磁性軸受体を製作することができる。

3. 本発明の窒化処理と浸炭窒化処理とは、いずれも炭素鋼もしくは窒化鋼を対象にされる軟窒化法と浸炭窒化法とを利用することができるから、本発明のMn-Cr系オーステナイト鋼の表面処理には、既存の表面処理設備を使用して、従来の表面処理方法をそのまま適用することができ、従って、多量にかつ安価に熱処理を実施することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図a)は、に本発明の実施例の窒化-浸炭窒化処理した後のMn-Cr系オーステナイト鋼の表面近傍の金属組織の顕微鏡写真と、同図b)

は、同実施例の鋼表面からの各深さにおけるヴィカース硬度を示す硬度曲線図を、第2図a)、b)は、溶体化処理のみ行った比較例(試片A)の第1図同様図を、第3図a)、b)は、窒化処理のみ行った比較例(試片B)の第1図同様図を、第4図は、浸炭窒化処理のみ(試片C)と、浸炭処理のみ(試片D)とを行った比較例のヴィカース硬度曲線図を、第5図a)、b)は、窒化処理後に真空中もしくは大気中加熱処理した比較例(試片K)の第1図同様図を、第6図a)、b)は、窒化処理後に浸炭処理した比較例(試片L)の第1図同様図を、第7図a)、b)は、浸炭窒化処理後に、窒化処理(試片M)もしくは浸炭処理(試片N)をした比較例の第1図同様図を、それぞれ示す。

(符号の説明)

A……試片A、B……試片B、C……試片C、J……試片J、K……試片K、L……試片L、M……試片M、N……試片N。

- 以上 -

図4
概

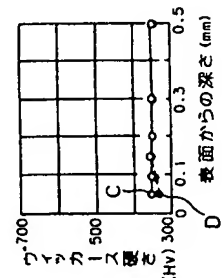
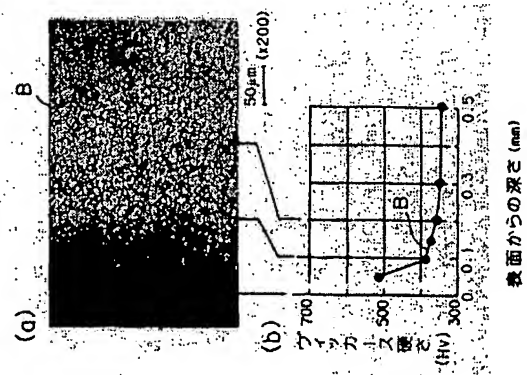
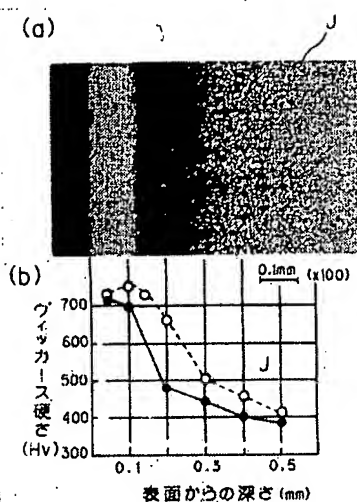


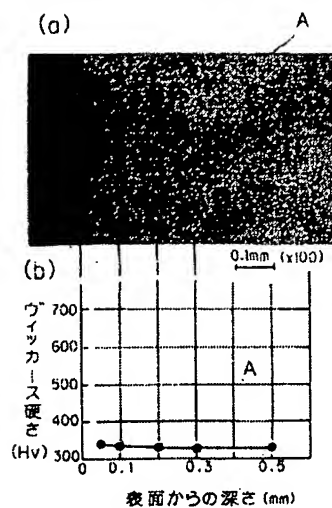
図5
集



第 1 図

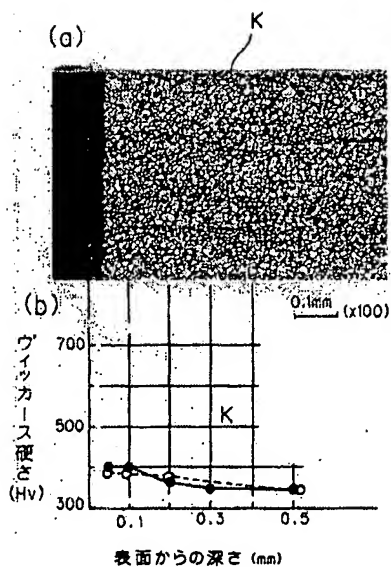


第 2 図

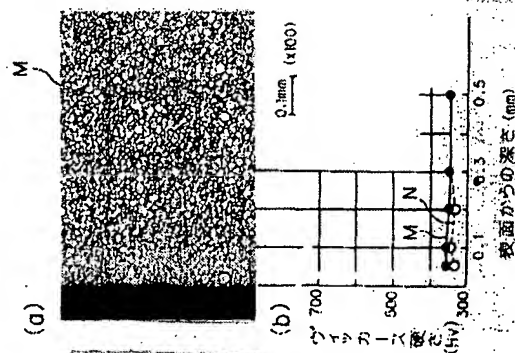


A…試片A、B…試片B、C…試片C、D…試片D、J…試片J、
K…試片K、L…試片L、M…試片M、N…試片N

第 5 図



第 7 図



第 6 図

